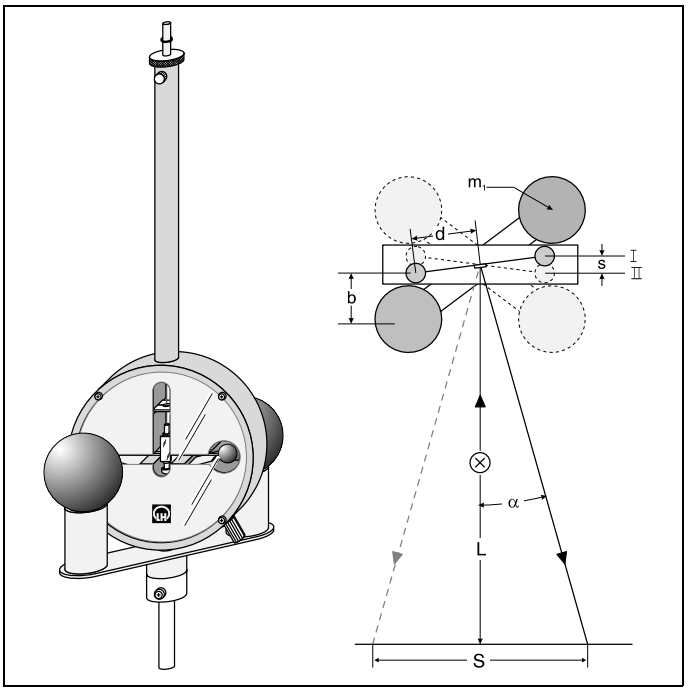
6/95-Sf-



Mode d'emploi 332 101
Instrucciones de servicio

Balance de gravitation
Balanza de gravitación

Fig. 1
Balance de gravitation (332 101) et représentation schématique du principe de mesure
Principio de medición y representación esquemática de la Balanza de gravitación (332 101)

L'appareil sert à mettre en évidence l'attraction universelle issue de forces de gravitation et à définir la constante de gravitation *f*.

Principe de mesure (fig.1)

L'équilibre statique (position I) d'un pendule de torsion avec une période d'oscillation d'env. 10 min est perturbé par un changement de position des masses extérieures m_1 qui exercent une force sur le corps du pendule en forme d'haltère; le pendule effectue des oscillations amorties et prend une nouvelle position d'équilibre (position II). L'angle entre les deux positions d'équilibre caractérise la force de gravitation effective.

L'oscillation du pendule sur lequel est placé un miroir concave est indiquée par une marque lumineuse au choix

- avec de la lumière visible directement sur une échelle graduée en mm ou
- avec de la lumière infrarouge en utilisant le détecteur de position à infrarouge (332 11) qui permet un relevé par enregistreur ou une saisie des valeurs mesurées assistée par ordinateur.

C'est à partir de la variation temporelle de l'oscillation, de la masse m1 et de la géométrie du montage que l'on détermine la constante de gravitation f soit selon la méthode de la pleine déviation, soit (en cas de processus de mesure abrégé) selon la méthode de l'accélération.

Dans le cas de la *méthode de la pleine déviation*, il s'agit de l'exploitation de la période d'oscillation *T* du pendule de torsion et de l'écartement *S* entre les positions de l'index lumineux correspondant aux deux positions d'équilibre:

$$f = \frac{\pi^2 \cdot b^2 \cdot d \cdot S}{m_1 \cdot T^2 \cdot L} \qquad \text{(I)}$$

Dans le cas de la *méthode de l'accélération*, il s'agit de l'exploitation de l'accélération $a = 2s/t^2$ du pendule de torsion après la perturbation de sa position d'équilibre par les masses m_1:

$$f = \frac{S \cdot d \cdot b^2}{2\, m_1 \cdot t^2 \cdot L} \qquad \text{(II)}$$

Mediante este instrumento se puede demostrar la atracción universal entre dos masas debida a las fuerzas gravitatorias y además se puede determinar la constante gravitacional *f*.

Principio de medición (Fig. 1)

Un péndulo de torsión con un período de unos 10 min, es desplazado de su posición de equilibrio estático (posición I) debido a un cambio de posición de las masas exteriores m_1, las que actúan sobre el cuerpo del péndulo en forma de haltera. Se producen oscilaciones amortiguadas y el péndulo oscila hasta alcanzar una nueva posición de equilibrio (posición II). El ángulo entre ambas posiciones de equilibrio es una medida de la fuerza de gravitación.

La oscilación del péndulo, en el que se ha colocado un espejo cóncavo, se indica mediante una marca luminosa; esto puede suceder de dos maneras:

- con luz visible, directamente sobre una escala en mm, ó
- con luz infrarroja empleando el detector de posición IR (332 11), lo que permite el empleo de un registrador o la medición asistida por ordenador.

La constante de gravitación *f* se determina a partir del comportamiento temporal de la oscilación, de la masa m_1 y de la geometría del arreglo, mediante el método de la deflexión final, o mediante el método de la aceleración (para el procedimiento corto de medición).

En el *método de la deflexión final* se evalúan el período *T* del péndulo de torsión y la distancia *S* entre las dos posiciones del puntero luminoso para ambos puntos de equilibrio:

$$f = \frac{\pi^2 \cdot b^2 \cdot d \cdot S}{m_1 \cdot T^2 \cdot L} \qquad \text{(I)}$$

En el *método de la aceleración* se evalúa la aceleración $a = 2s/t^2$ del péndulo de torsión luego de que su equilibrio ha sido perturbado por la masa m_1:

$$f = \frac{S \cdot d \cdot b^2}{2\, m_1 \cdot t^2 \cdot L} \qquad \text{(II)}$$

1 Remarques de sécurité

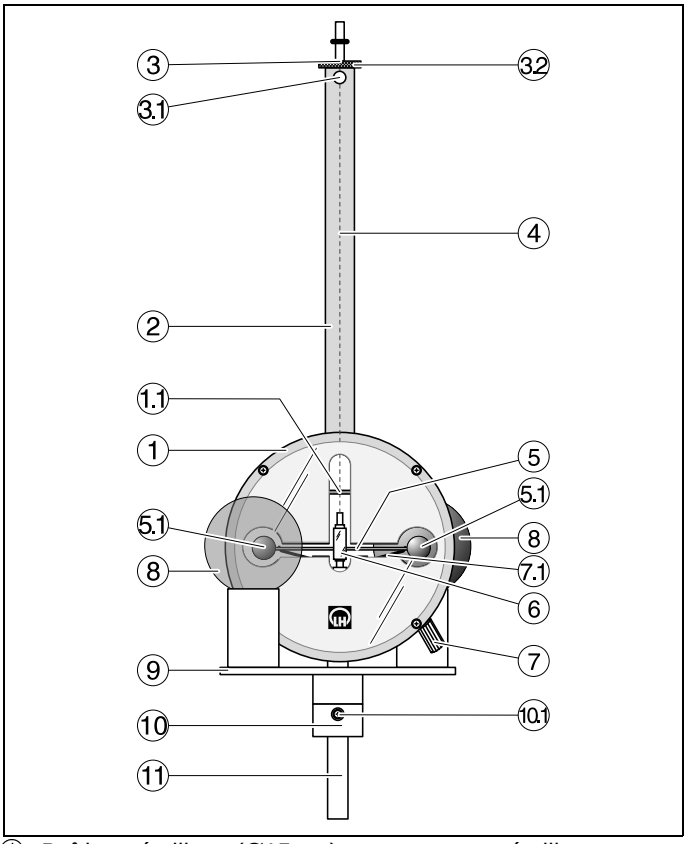
Protéger le ruban en bronze assez sensible du pendule de torsion contre toute contrainte mécanique incontrôlée:

- Ne dévisser les vis de blocage ⑦ du système oscillant - voir fig. 2 - que lorsque l'appareil est correctement monté et placé dans sa position expérimentale.
- Toujours bloquer le système oscillant lorsque l'appareil est inutilisé; particulièrement bien vérifier le blocage lors du transport et du montage.

Ne desserrer légèrement la vis moletée (3.1) - voir fig. - pour la fixation de la tête de torsion préajustée à la livraison que si un ajustage précis du point zéro s'avérait nécessaire à la mise en service de la balance de gravitation, une fois celle-ci montée conformément aux instructions.

Ne dévisser la vis sans tête (3.2) - voir fig. 2 - pour la fixation du support du pendule que pour changer le ruban de torsion ainsi qu'indiqué au paragraphe 4.

2 Description, caractéristiques techniques, fournitures (voir fig. 2)



① Boîtier métallique (∅15 cm) avec anneau métallique et couvercles en verre; écran en deux parties (1.1) pour la réduction des convections gênantes entre le boîtier et le tube de protection (2)

② Tube de protection (25 cm de long) pour le ruban de torsion ④

③ Tête de torsion avec support du pendule, pivotante lorsque la vis (3.1) est desserrée pour l'ajustage de la position d'équilibre du pendule;
Support du pendule fixé par une vis sans tête (3.2)
Important!
Ne desserrer la vis moletée (3.1) que s'il est nécessaire de procéder à un ajustage du point zéro conformément au paragraphe 3.5.
Ne desserrer la vis sans tête (3.2) que pour changer le ruban de torsion conformément au paragraphe 4.

④ Ruban de torsion en bronze, 26 cm de long
N de la pièce de rechange: 683 21

⑤ Corps du pendule en forme d'haltère, constitué de 2 sphères en plomb (5.1) sur tige métallique

1 Instrucciones de seguridad

La delicada cinta de bronce del péndulo de torsión deberá estar protegida contra cargas mecánicas incontroladas:

- Los tornillos de enclavamiento ⑦ para el sistema de oscilación -ver Fig. 2- deberán ser soltados sólo después de que el equipo haya sido montado correctamente y esté listo para iniciar el ensayo.
- El sistema de oscilación deberá estar bloqueado siempre que el equipo no sea usado, especialmente al transportarlo y al montarlo.

Si al haber montado correctamente la balanza se requiere un ajuste fino del punto cero para ponerla en funcionamiento, se deberá aflojar un poco el tornillo moleteado (3.1) -ver Fig. 2-- para fijar el cabezal de torsión. Este tornillo viene con un ajuste ex-fábrica.

El tornillo prisionero (3.2) -ver Fig. 2- para fijar el soporte del péndulo, se debe aflojar únicamente para cambiar la cinta de torsión, de acuerdo con lo indicado en la sección 4.

2 Descripción, datos técnicos y volumen de suministro (ver Fig. 2)

Fig.2
Balance de gravitation
Balanza de gravitación

① Carcasa metálica (∅15 cm), consta de anillo metálico y cubiertas de vidrio; protector de dos piezas (1.1) para reducir las convecciones perturbadoras entre la carcasa y el tubo protector ②

② Tubo protector (25 cm long.) para la cinta de torsión ④

③ Cabezal de torsión con soporte de péndulo, con el tornillo (3.1) flojo, el cual se puede girar para ajustar la posición de equilibrio del péndulo;
soporte del péndulo fijo con tornillo prisionero (3.2)
¡Importante!
El tornillo moleteado (3.1) se debe aflojar únicamente si es necesario ajustar el punto de equilibrio, tal como se indica en la sección 3.5.
El tornillo prisionero (3.2) se debe aflojar únicamente para cambiar la cinta de torsión, tal como se indica en la sección 4.

④ Cinta de torsión, de bronce, 26 cm long.
Pieza de repuesto No.: 683 21

⑤ Cuerpo del péndulo, en forma de haltera, consta de 2 bolas de plomo (5.1) sobre barra metálica

⑥ Miroir concave où se réfléchit l'index lumineux caractéristique du mouvement du pendule
Distance focale $f \approx 30$ cm

⑦ Vis pour le blocage du corps du pendule ⑤ par une paire de ressorts (7.1)

⑧ Paire de grandes sphères en plomb
N° de la pièce de rechange pour 1 sphère: 683 22

⑨ Porte-sphère, orientable de part et d'autre de la tige ⑪ pour une disposition des grandes sphères de plomb ⑧ adaptée aux besoins de l'expérience

⑩ Anneau d'appui avec vis de fixation (10.1) pour le porte-sphère

⑪ Tige (9 cm x 1,2 cm ∅) pour le montage de l'appareil dans le matériel support

Inclus au matériel livré:
1 m de ruban autocollant gradué en cm et en mm

Données importantes pour l'expérimentation (voir fig. 1):

Profondeur du boîtier: 30 mm

Pendule de torsion

Période d'oscillation: environ 10 min

Diamètre / masse m_2 d'une sphère de plomb (5.1):
15 mm / 20 g

Distance d entre le centre d'une sphère et l'axe de rotation: 50 mm

Diamètre / masse m_1 d'une grande sphère de plomb ⑧:
64 mm / 1,5 kg ±5 g

Distance b entre le centre de la grande sphère (alors qu'elle touche le boîtier) et celui de la petite sphère (en position de repos): 47 mm

3 Utilisation

Important !
Il n'est possible d'obtenir des résultats d'expérience satisfaisants que si le pendule est parfaitement ajusté et que si les oscillations de torsion occasionnées par l'attraction des masses ne sont pas affectées par des mouvements fortuits du pendule. Le pendule est très sensible aux secousses auxquelles est soumis le dispositif expérimental. Il est donc indispensable de réaliser un montage stable sur une paroi solide ou bien sur une table lourde.

Des variations de la température occasionnent dans le boîtier de la balance des convections à l'origine de mouvements inopportuns (voir fig. 6) du pendule de torsion; d'où la nécessité de choisir un lieu d'expérimentation tel que la balance ne soit exposée ni aux rayons du soleil, ni à des souffles d'air.

3.1 Matériel complémentaire nécessaire

3.1.1. Affichage de l'oscillation par une marque lumineuse (visible) sur une échelle graduée en mm

1 Carter de lampe	450 60
1 Ampoule, 6 V, 30 W	450 51
1 Condenseur asphérique (avec diaphragme à fente de 1 mm)	460 20
1 Source de tension alternative, 6 V, 30 W par ex.	562 73
1 Mètre à ruban	311 77
1 Chronomètre par ex.	313 05
1 Aimant flottant	510 44

Montage mural (voir fig. 3)

1 Pied en V	300 01
1 Paire de vis calantes	301 06
1 Noix Leybold	301 01
1 Noix double à pinces tournantes	301 03
1 Tige, 47 cm	300 42

Eléments auxiliaires et accessoires pour le montage:
Perceuse, mèche à pierre, chevilles (6 mm)

Montage sur table

1 Banc d'optique à profil normalisé, 1 m	460 32
2 Cavaliers pour banc d'optique par ex.	460 351

⑥ Espejo cóncavo para la indicación luminosa del movimiento del péndulo
Distancia focal f aprox. 30 cm

⑦ Tornillos para fijar el cuerpo del péndulo ⑤ mediante un par de muelles (7.1)

⑧ Par de bolas de plomo grandes
Pieza de repuesto para 1 bola No.: 683 22

⑨ Soporte para bola, pivotante sobre la barra de soporte ⑪ para acomodar las bolas grandes ⑧ correctamente en el arreglo experimental.

⑩ Anillo de asiento con tornillo de fijación (10.1) para soporte de bolas

⑪ Varilla de soporte (9 cm x 1,2 cm ∅) para montar el equipo sobre material de fijación

En el volumen de suministro se incluye:
Cinta métrica adhesiva de 1 m con divisiones en cm y mm

Datos relevantes para los ensayos (ver Fig. 1):

Profundidad de la carcasa: 30 mm

Péndulo de torsión

Período: aprox. 10 min

Diámetro / masa m_2 de una bola de plomo (5.1):
15 mm / 20 g

Distancia d del centro de la bola al eje de giro: 50 mm

Diámetro / masa m_1 de una bola grande de plomo ⑧:
64 mm / 1,5 kg ±5 g

Distancia b entre el centro de la bola grande (en contacto con la carcasa) y la bola pequeña (en posición cero): 47 mm

3 Operación

¡Importante!
Sólo se pueden obtener resultados experimentales satisfactorios, si el péndulo de torsión se encuentra correctamente ajustado y si las oscilaciones de torsión producidas por la atracción entre las masas no es afectada por movimientos indeseados del péndulo. El péndulo responde con mucha sensibilidad a vibraciones que se transmitan al arreglo experimental. Por tanto, es indispensable un montaje estable sobre una pared fija, o sobre una mesa pesada.

Las fluctuaciones de temperatura producen convecciones en la carcasa de la balanza de gravitación, las que a su vez provocan movimientos indeseados (ver Fig. 6) del péndulo de torsión. Por tal motivo, se recomienda elegir el lugar de experimentación en un ambiente en donde la balanza no esté expuesta a la irradiación solar y en donde no hayan movimientos de aire.

3.1 Equipo adicional necesario

3.1.1. Indicación de la oscilación mediante una marca de luz (visible) sobre una escala en mm

1 carcasa de lámpara	450 60
1 lámpara, 6 V, 30 W	450 51
1 condensador esférico (con diafragma de hendidura de 1 mm)	460 20
1 fuente de tensión alterna, 6 V, 30 W por ej.	562 73
1 cinta métrica enrollada	311 77
1 cronómetro por ej.	313 05
1 imán suspendido	510 44

Montaje de pared (ver Fig. 3)

1 varilla grande de soporte	300 01
1 par de tornillos de nivelación	300 06
1 base de soporte	301 01
1 mordaza giratoria	301 03
1 varilla de soporte, 47 cm	300 42

auxiliares de montaje y accesorios:
Taladro, taladro para concreto, espigas (6 mm)

Montaje sobre mesa

1 banco óptico con perfil normal, 1 m	460 32
2 jinetillos ópticos por ej.	460 351

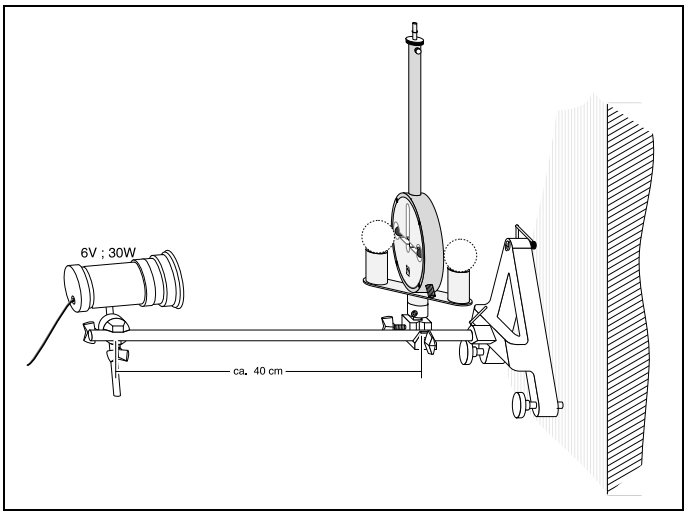


Fig. 3
Montage de la balance de gravitation; affichage de l'allure des oscillations par un indicateur lumineux visible sur une échelle graduée en mm (ne convient pas pour le détecteur de position à infrarouge, 332 11)

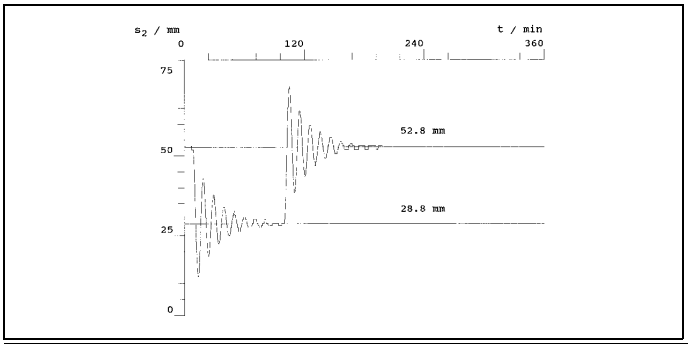
Montaje de la balanza gravitaciónal; indicación del curso de las oscilación mediante un visible puntero luminoso sobre una escala en mm (¡es inapropiado para el detector de posición IR, 332 11!)

3.1.2 Relevé à l'enregistreur ou saisie assistée par ordinateur de l'oscillation avec lumière infrarouge; Montage sur rail sur une table (voir fig. 4)

1 Détecteur de position à infrarouge	332 11
1 Source de tension alternative, 12 V par ex.	562 73
1 Enregistreur TY par ex.	575 701
ou	
Ordinateur MS-DOS par interface série	
Câble RS 232	par ex. 530 008
Programme avec préréglages adaptés aux besoins de l'expérience, par ex. sur la disquette de démonstration pour la «Saisie universelle des valeurs mesurées», inclus au matériel fourni avec le détecteur de position à infrarouge (332 11); exemple de mesure voir fig. 4.1	
ou	
Ordinateur MS-DOS avec interface	
CASSYpack-E	524 007
Programme «Mesure et exploitation»	524 113
1 Mètre à ruban	311 77
1 Aimant flottant	510 44
1 Banc d'optique avec profil normalisé, 1 m	460 32
2 Cavaliers pour banc d'optique par ex.	460 351
1 Tige, 25 cm par ex.	300 41

Remarque:

Pour de plus amples informations concernant l'utilisation du détecteur de position à infrarouge, veuillez vous référer au mode d'emploi de cet appareil.



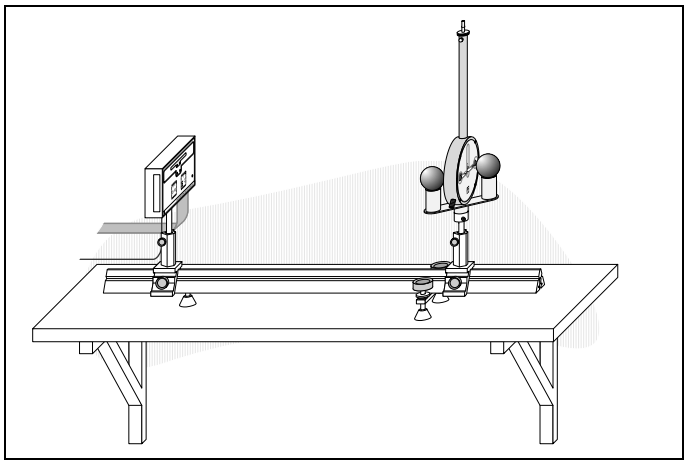


Fig. 4
Montage sur une table de la balance de gravitation; saisie électronique de l'allure des oscillations par un détecteur de position à infrarouge (332 11); Tracé avec l'enregistreur TY ou traitement ultérieur assisté par ordinateur (voir. fig. 4.1)
Montaje de la balanza de gravitación; registro electrónico del curso de las oscilaciones mediante un detector de posición infrarrojo (332 11); registro con registrador TY o procesamiento de datos asistido por ordenador (ver Fig. 4.1).

3.1.2 Montaje sobre una mesa, especial para emplear un trazador, o para registro de la oscilación con luz infrarroja y asistida por ordenador (ver Fig. 4)

1 detector de posición infrarrojo	332 11
1 fuente de tensión alterna, de 12 V por ej.	562 73
1 registrador TY por ej.	575 701
u	
ordenador MS-DOS a través de interface serial	
cable RS 232	por ej. 530 008
Programa con ajustes predeterminados específicos para ensayos, por ej. en el disquete para "Adquisición universal de datos", contenido en el volumen de suministro de detector de posición infrarrojo (332 11); en la Fig. 4.1 se muestra un ejemplo de medición.	
u	
ordenador MS-DOS con interface	
CASSYpack-E	524 007
Programa "Medir y evaluar"	524 116
1 cinta métrica enrollable	311 77
1 imán suspendido	510 44
1 banco óptico con perfil normal, 1 m	460 32
2 jinetillo óptico por ej.	460 351
1 varilla de soporte, de 25 cm por ej.	300 41

Nota:

En las instrucciones del servicio del detector de posición infrarrojo se brinda información detallada sobre su manejo.

Fig. 4.1

Relevé assisté par ordinateur des oscillations de la balance de gravitation
Registro de las oscilaciones de la balanza de gravitación asistido por ordenador.

3.2 Fixation du pied au mur (nécessaire avant la première mise en service pour un montage mural réalisé selon la fig. 3)

Important:
Ce montage mural du matériel support ne convient pas pour le nontage avec le détecteur de position à infrarouge (voir paragraphe 3.1.2; fig. 4)
Cheviller le pied par son perçage au sommet ainsi que spécifié aux fig. 5.1 à 5.3 et faire en sorte qu'il soit bien parallèle au mur en s'aidant des vis calantes; si les vis calantes s'enfoncent dans le mur, se servir d'un renfort solide.

3.2 Montaje en la pared de la base de soporte (indispensable para montaje en pared, antes de la puesta en servicio por primera vez, según la Fig. 3)

¡Importante!
El montaje de pared del material de soporte no es apropiado para un montaje con el detector de posición infrarrojo (vèase la sección 3.1.2; Fig. 4).
La base de soporte se fija con espigas sobre la pared, de la perforación del vértice, como se indica en las Figs. 5.1 a 5.3, y con los tornillos de nivelación se coloca paralela a la pared. Si las espigas se hunden en la pared, se deberá emplear una superficie de apoyo sólida.

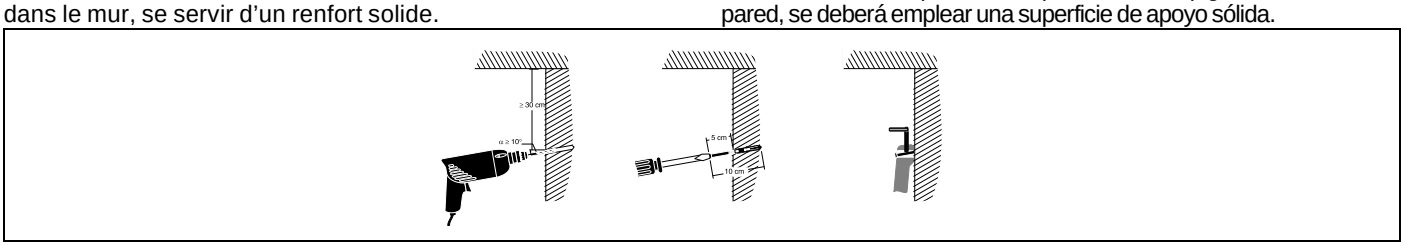


Fig. 5.1-5.3 Fixation du pied au mur

Fig. 5.1-5.3 Montaje de la base de soporte sobre la pared

3.3 Préparation de l'expérience

Installer le dispositif au mur - d'abord sans les grandes sphères de plomb - conformément à la fig. 3 (ou bien sur une table stable sur le banc d'optique).
Orienter le carter de lampe de telle sorte que le rayon réfléchi soit projeté sans encombre sur l'échelle située à au moins 5 m.
Mettre à la verticale le filament fluorescent avant que le condenseur avec porte-diaphragmes et fente (verticale!) soit enfiché sur le carter de lampe.
Par déplacement de l'insert dans le carter de lampe, faire en sorte que l'image du filament projetée sur le miroir de la balance soit très nette. Placer pour cela une feuille blanche juste devant la balance, papier sur lequel le filament fluorescent est facile à voir.
Déplacer le carter de lampe de façon à ce que les contours de la fente projetée sur l'échelle soient bien nets.
Si nécessaire, ajuster le point zéro ainsi que spécifié au paragraphe 3.5.
Installer les sphères de plomb et les placer dans une position extrême. Il est absolument indispensable d'éviter de toucher le boîtier, que ce soit avec les doigts ou avec les sphères de plomb.

3.4 Réalisation de l'expérience; exemple de mesure

Important!
Une fois le montage réalisé conformément au paragraphe 3.3, laisser l'installation se stabiliser pendant au moins deux heures à l'abri des secousses pour que le pendule puisse osciller jusqu'à la position d'équilibre.
Faire balancer le porte-sphère ⑨ sans toucher le boîtier.
Afin de réduire le temps de stabilisation du pendule, tirer profit du diamagnétisme du plomb: si une des sphères en plomb du corps du pendule se rapproche du couvercle en verre, placer à son encontre un aimant puissant jusqu'à ce que le système revienne, et cela sans toucher le verre.
Durant la saisie des valeurs mesurées, le dispositif expérimental ne devra être soumis à aucune secousse mécanique et à aucune variation de température susceptible d'occasionner des convections dans le boîtier de la balance (voir fig. 6)

Avant de commencer les mesures, vérifier la stabilité du point zéro. Si nécessaire, observer les variations du point zéro pendant au moins 10 minutes et les documenter; calculer la moyenne x_0 à partir de ces observations.
Au moment $t = 0$ balancer rapidement le support avec les sphères en plomb de l'une à l'autre de ses positions extrêmes mais agir avec suffisamment de précaution pour que ni les doigts, ni les sphères de plomb n'entrent en contact avec le boîtier. Juste après le rebalancement, lancer le chronomètre.

Pour la méthode de pleine déviation, relever et noter toutes les 30 s la position de l'index lumineux sur l'échelle sur au moins 3 périodes d'oscillation, pour la méthode de l'accélération, sur 1 période (fig. 6).

3.3 Preparativos para el ensayo

El ensayo se monta en la pared según la Fig. 3, primero sin las bolas grandes de plomo, o en un banco óptico, sobre una mesa bien estable.

La carcasa de la lámpara se coloca de tal forma que el rayo reflejado se proyecte sin obstáculos sobre la escala, colocada a una distancia mínima de 5 m.
Colocar el filamento en espiral verticalmente, antes de poner el condensador con portadiafragma y hendidura (¡vertical!) sobre la carcasa de la lámpara.
Desplazando el insertable en la carcasa de la lámpara, se debe proyectar claramente el filamento en espiral sobre el espejo de la balanza de torsión. Para ello, directamente frente a la balanza se coloca una hoja de papel blanco, sobre la que sea visible la espiral luminosa.
Desplazar la carcasa de la lámpara, de tal modo que la hendidura se vea nítidamente sobre la escala.
En caso necesario se debe proceder al ajuste del punto cero, de acuerdo con la sección 3.5.
Colocar las esferas de plomo y llevarlas a una posición extrema. Se debe evitar a toda costa, tocar las bolas o la carcasa con los dedos.

3.4 Procedimiento experimental; ejemplo de medición

¡Importante!
Después de montarlo, según la sección 3.3, el arreglo se debe dejar quieto un mínimo de dos horas, totalmente libre de vibraciones, de tal forma que el péndulo pueda oscilar sobre su posición de equilibrio.
Girar el soporte para bola ⑨ sin tocar la carcasa.
Para acortar el tiempo de estabilización del péndulo, se puede aprovechar el diamagnetismo del plomo. Cuando una de las esferas de plomo del cuerpo del péndulo se acerque a la cubierta de vidrio, al frente de ella se debe sostener un imán potente, sin llegar a tocar el vidrio, para revertir el movimiento del sistema.
Durante la adquisición de datos, evitar que el arreglo experimental esté expuesto a vibraciones mecánicas y fluctuaciones de temperatura las que pueden provocar convecciones en la carcasa de la balanza (ver Fig. 6)

Antes de comenzar con la medición se debe verificar la estabilidad del punto de equilibrio. Las oscilaciones alrededor del punto de equilibrio, se deben observar y anotar durante unos 10 minutos. Luego se calcula x_0.
En el instante $t = 0$ el soporte con las esferas de plomo se mueve rápidamente, desde una a la otra posición extrema, teniendo cuidado de no tocar la carcasa con los dedos y que tampoco lo hagan las bolas de plomo. Inmediatamente después del punto de viraje se arranca el cronómetro.
Empezar a leer la posición del puntero luminoso sobre la escala y anotar cada treinta segundos, después de por lo menos 3 períodos de la oscilación para el método de la posición final y después de un período para el método de la aceleración (ver Fig. 6)

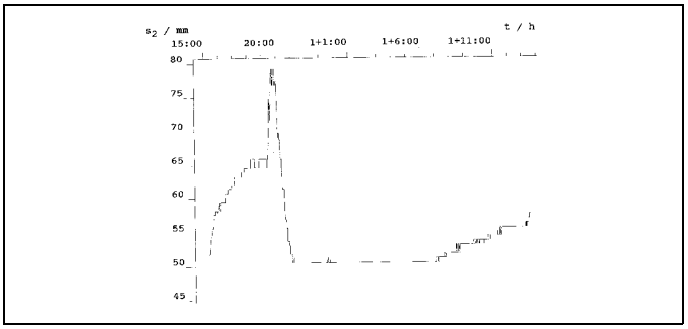


Fig. 6

Protocole réalisé sur 24 heures pour la position du pendule de torsion: changement de position essentiellement dû aux variations de la température au cours de la journée (phénomène particulièrement accentué en cas d'ensoleillement direct)

Protocolo de 24 horas de la posición del péndulo de torsión; la variación de la posición depende esencialmente de las fluctuaciones de temperatura durante el día (muy pronunciado particularmente bajo una irradiación solar directa)

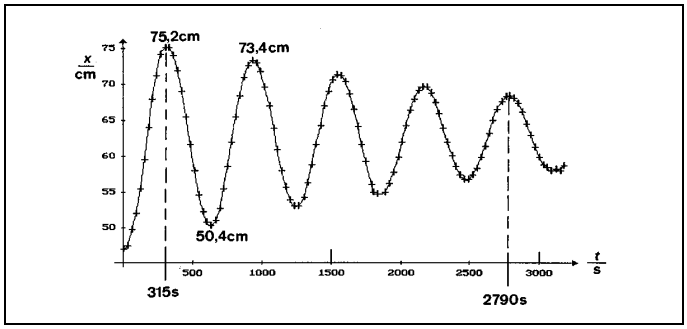


Fig. 7

Oscillations de la balance de gravitation près de la position d'équilibre finale x_{00}

Oscilaciones de la balanza de gravitación alrededor de la posición de equilibrio final X_{00}

Exemple de mesure:

Constantes de l'appareil:

Poids des grandes sphères de plomb: m_1=1,5 kg
Ecartement entre le centre de la sphère et l'axe de rotation: d = 0,05 m
Ecartement entre le centre de la grande sphère (alors qu'elle touche le boîtier) et celui de la petite sphère (en position d'équilibre): b = 0,047 mm

Distance miroir - balance de gravitation: L = 4,425 m

Période d'oscillation T (de la fig. 7):

$$T = \frac{(2790 - 315)\text{s}}{4} = 618{,}8\ \text{s}$$

Position d'équilibre initiale: x_0 = 47 cm

Position d'équilibre finale x_{00} (déterminée à partir de trois extrêmes successifs) par ex.

$$x_{00} = \frac{(x_1+x_3)/2 + x_2}{2} = \frac{x_1}{4}+\frac{x_2}{2}+\frac{x_3}{4} = 62{,}3\ \text{cm}$$

Différence S entre les positions de l'index lumineux pour les positions d'équilibre initiale et finale du pendule:

$S = x_{00} - x_0 = 62{,}3\ \text{cm} - 47\ \text{cm} = 15{,}3\ \text{cm}$

En reportant cette valeur dans l'équation (1) pour la méthode de la pleine déviation, on obtient la constante de gravitation f

$$f = \frac{\pi^2 \cdot (0{,}047\ \text{m})^2 \cdot 0{,}05\ \text{m} \cdot 0{,}153\ \text{m}}{1{,}5\ \text{kg} \cdot (618{,}8\ \text{s})^2 \cdot 4{,}425\ \text{m}}$$

$$= 6{,}56\ 10^{-11}\ \text{m}^3\ \text{kg}^{-1}\ \text{s}^2.$$

3.5 Ajustage du point zéro

Le but de l'ajustage du point zéro est de positionner le pendule de torsion de façon à ce que le corps du pendule ⑤ en forme d'haltère (voir fig. 2) soit parallèle aux plaques en verre du boîtier lorsqu'il est en position d'équilibre.

Un ajustage est nécessaire

éventuellement avant la première mise en service si l'ajustage réalisé par le fabricant a été affecté par ex. lors du transport,

en cas d'erreur de manipulation (si la tête de torsion ③ a été tournée involontairement),

après avoir changé le ruban de torsion conformément au paragraphe 4.

Ejemplo de medición:

Constantes del equipo:

Masa de la esfera grande: m_1=1,5 kg
Distancia del centro de la bola al eje de giro: d = 0,05 m
Distancia entre el centro de la esfera grande (en contacto con la cubierta) y la bola pequeña (en posición de equilibrio): b = 0,047 mm

Distancia entre el espejo y la balanza de torsión: L = 4,425 m

Período T (de la Fig. 7):

$$T = \frac{(2790 - 315)\text{s}}{4} = 618{,}8\ \text{s}$$

Posición inicial de equilibrio: x_0 = 47 cm

Posición final de equilibrio x_{00} (promediada a partir de tres posiciones extremas sucesivas), por ej.:

$$x_{00} = \frac{(x_1+x_3)/2 + x_2}{2} = \frac{x_1}{4}+\frac{x_2}{2}+\frac{x_3}{4} = 62{,}3\ \text{cm}$$

Diferencia S entre las posiciones del puntero luminoso para las posiciones inicial y final del péndulo:

$S = x_{00} - x_0 = 62{,}3\ \text{cm} - 47\ \text{cm} = 15{,}3\ \text{cm}$

Reemplazando en la ecuación (1) para el método de la posición final, se obtiene la constante de gravitación f

$$f = \frac{\pi^2 \cdot (0{,}047\ \text{m})^2 \cdot 0{,}05\ \text{m} \cdot 0{,}153\ \text{m}}{1{,}5\ \text{kg} \cdot (618{,}8\ \text{s})^2 \cdot 4{,}425\ \text{m}}$$

$$= 6{,}56\ 10^{-11}\ \text{m}^3\ \text{kg}^{-1}\ \text{s}^2.$$

3.5 Ajuste del punto cero

El ajuste del punto cero -o de equilibrio- tiene como fin colocar en la posición de equilibrio el cuerpo del péndulo en forma de haltera ⑤ (ver Fig. 2) paralelo a las placas de vidrio de la carcasa.

Es necesario efectuar un ajuste

eventualmente antes de la primera puesta en servicio, en caso de que el ajuste de fábrica se haya dañado durante el transporte,

debido a un manejo inadecuado (mediante torsión incontrolada del cabezal de torsión ③),

tras haber colocado una nueva cinta de torsión, de acuerdo con la sección 4.

Préparation pour l'ajustage du point zéro:
Monter la balance avec le dispositif à index lumineux sur une table par ex. ainsi que spécifié au paragraphe 3.3 (ou selon les instructions données dans le mode d'emploi 332 11) mais sans les grandes sphères en plomb.

Débloquer le pendule de torsion en desserrant la vis ⑦ (voir fig. 2);

A l'aide des vis calantes du pied (ou du banc d'optique), orienter la balance de telle sorte que le pendule de torsion soit bien suspendu à la verticale (contrôle: la tige à l'extrémité du pendule pend dans l'axe du perçage).

Ces préparatifs étant réalisés, laisser «reposer» le dispositif pendant environ 1 jour à l'abri des secousses et procéder ensuite à l'ajustage du point zéro.

Ajustage du point zéro:
Bloquer le pendule de torsion avec la vis ⑦ et le faire ensuite osciller en le débloquant.
Relever sur l'échelle les deux pleines déviations de l'index lumineux.
Observer la position de repos que le système a tendance à prendre;
afin de réduire le temps d'observation, amortir les oscillations diamagnétiquement: lorsqu'une des deux sphères en plomb du corps du pendule se rapproche du couvercle en verre, tenir à son encontre un aimant puissant jusqu'à ce que le système revienne, et cela sans toucher le verre.
Si la marque lumineuse n'a pas tendance à prendre une position de repos située à peu près au milieu des deux points de retournement relevés, faire tourner la tête de torsion ③ après avoir desserré les vis moletées (3.1) d'un petit angle en direction du «point zéro de consigne».
Observer à nouveau les deux pleines déviations ainsi que le point zéro vers lequel l'index lumineux a tendance à se rendre.
Poursuivre l'ajustage du point zéro jusqu'à ce que le «point zéro de consigne» au milieu des deux points de retournement de la marque lumineuse soit atteint.

4 Changement du ruban de torsion

Il est possible de remplacer un ruban de torsion défectueux par un ruban neuf livré prêt à l'emploi comme pièce de rechange (683 21).
Voici comment procéder pour le changer:

Préparation
- Monter la balance (le corps du pendule étant bloqué) dans un pied en V nivelable (par ex. 300 01/06) de façon à ce que le dos soit devant; fixer dans une pince le tube de protection avec le ruban de torsion de rechange (683 21) pour qu'il soit plus facile à manipuler (Fig. 8.1).
- Enlever la vis (a_1); desserrer ensuite les autres vis servant à fixer la plaque en verre jusqu'à ce que l'on puisse retirer cette plaque (Fig. 8.2).
- Enlever la plaque en verre (a_2) et le couvercle (a_3) et retirer la partie avant (a_4) de l'écran.

Retrait du ruban de torsion défectueux
- Maintenir le porte-ruban (b) et desserrer la vis sans tête (b_1); ensuite, enlever le porte-ruban (Fig. 8.3).
- Enlever l'embout (c) après avoir dévissé la vis (c_1) (Fig. 8.4).

Montage du nouveau ruban de torsion
- Desserrer la vis x_1 et tout en tenant le porte-ruban (B), enlever la vis x_2 (Fig. 8.5).
- Tout en agissant avec grande précaution, sortir de son enveloppe protectrice le ruban de torsion très sensible et l'enfiler dans la balance jusqu'à ce que l'embout (C) pende de 1 mm à 2 mm au-dessus du perçage (c_2); fixer ensuite le support du pendule (B) en resserrant la vis (b_1) (Fig. 8.6).
- Attendre que le ruban de torsion s'immobilise et si nécessaire, le positionner à l'aide des vis calantes du pied de façon à ce que l'embout (C) pende bien à la verticale au-dessus du perçage (c_2).
- A nouveau tenir le porte-ruban (B) et, la vis (b_1) étant desserrée,

Preparativos para el ajuste del punto de equilibrio:
Montar la balanza sobre una mesa con el puntero luminoso según la sección 3.3 (o de acuerdo con las indicaciones de las instrucciones de servicio 332 11), pero sin las esferas grandes de plomo.

Soltar el péndulo de torsión aflojando los tornillos de enclavamiento ⑦ (ver Fig. 2);

Colocar la balanza sobre los tornillos de nivelación en la base de soporte (o sobre el banco óptico), de tal manera que el péndulo de torsión quede suspendido verticalmente (controlar que la espiga en el extremo del péndulo cuelgue en el eje de la perforación)

Después de estos preparativos, el arreglo se debe dejar "suspendido", libre de vibraciones, aproximadamente un día en esta posición. Luego se efectúa el ajuste del punto cero.

Ajuste del punto cero:
Bloquear el péndulo de torsión con el tornillo ⑦ y montar la balanza en el lugar de experimentación (por ej. en la pared según la Fig. 3). Al desbloquearla empieza a oscilar.
Anotar las posiciones finales del puntero luminoso a ambos lados de la escala.
Observar la posición de reposo a la que tiende el sistema;
para abreviar el tiempo de observación, las oscilaciones se amortiguan diamagnéticamente: cuando una de las esferas de plomo del cuerpo del péndulo se acerca a la cubierta de vidrio, se debe sostener frente a ella un imán potente, hasta que el sistema retorne, todo esto, sin tocar el vidrio.
Si el puntero luminoso no tiende a su posición de reposo, situada en la mitad de ambos puntos de viraje anotados antes, después de aflojar los tornillos moleteados, se debe girar el cabezal de torsión ③ un pequeño ángulo en dirección del "punto cero teórico".
Observar de nuevo las dos posiciones finales, así como la tendencia al punto cero del puntero luminoso.
Proseguir con el ajuste del punto cero, hasta que se alcance el "punto cero teórico" en la mitad de los puntos de viraje del puntero luminoso.

4 Cambio de la cinta de torsión.

Una cinta de torsión averiada se puede cambiar por una nueva, la que se suministra como pieza de repuesto (683 21) lista para montar.
El cambio se efectúa de la siguiente manera:

Preparativos
- Montar la balanza (con el cuerpo del péndulo enclavado) sobre una base de soporte nivelable (por ej., 300 01/06), de tal modo que la parte posterior quede adelante. Para un manejo seguro se debe asegurar con una pinza (Fig. 8.1) el tubo protector con la cinta de torsión de recambio (683 21).
- Retirar el tornillo (a_1); luego aflojar los tornillos que fijan la placa de vidrio, hasta que ésta se pueda retirar (Fig. 8.2).
- Retirar el vidrio (a_2) y la cubierta (a_3), y extraer la parte delantera (a_4) del protector.

Retiro de la cinta de torsión defectuosa
- Aflojar el tornillo (c_1) y con el soporte de la cinta fijo (b) aflojar el tornillo prisionero (b_1); retirar el soporte de la cinta (Fig. 8.3).
- Si la banda está rota retirar la pieza terminal (c) (Fig. 8.4).

Montaje de la nueva cinta de torsión
- Aflojar el tornillo x_1 y con el soporte de la cinta fijo (B) retirar el tornillo x_2 (Fig. 8.5).
- Retirar con sumo cuidado el arreglo de su envoltura protectora, prestando atención a que la delicada cinta de torsión no toque la pared. La cinta se enhebra en la balanza hasta que la pieza terminal (C) cuelgue aprox. 1 ó 2 mm sobre la perforación (c_2). Luego, fijar el soporte del péndulo (B) apretando el tornillo (b_1) (Fig. 8.6).
- Esperar hasta que la cinta de torsión esté en reposo y en caso necesario se deberá colocar la cinta de torsión sobre los tornillos de nivelación de la base de soporte, de tal modo que la pieza terminal (C) cuelgue verticalmente sobre la perforación (c_2).

le faire descendre de quelques mm, sans le torsader, jusqu'à ce que la partie usinée de l'embout (C) glisse entièrement dans le perçage (c_1); ne relâcher alors le porte-ruban que lorsque la vis sans tête est bien resserrée (b_1) (Fig. 8.7) et qu'il est donc bien fixé; fixer ensuite l'embout (C) à l'aide de la vis (c_1).

- Insérer la partie avant (a_4) de l'écran, refermer le boîtier avec la vis (a_1) après avoir remis correctement le couvercle (a_3) et la plaque en verre (a_2).

Une fois le montage terminé, on débloque le pendule de torsion et on vérifie si le corps du pendule peut osciller librement; s'il est encore sur les ressorts de blocage bien qu'on l'ait débloqué, il suffit de soulever légèrement le porte-ruban (B) alors que la vis (b_1) est desserrée pour ensuite bien le refixer.

Avant que l'ajustage requis du point zéro puisse être réalisé ainsi que spécifié au paragraphe 3.5, le pendule de torsion doit être «suspendu» pendant au moins 12 heures.

- Fijar nuevamente el soporte de la cinta (B) y con el tornillo (b_1) flojo, bajar unos mm sin torcerlo, hasta que la parte torneada de la pieza terminal (C) pase completamente por la perforación (c_1). Soltar el soporte de la cinta sólo cuando ésta haya sido fijado cuidadosamente apretando el tornillo prisionero (b_1) (Fig. 8.7). Luego, fijar la pieza terminal (C) con el tornillo (c_1)
- Insertar la parte delantera del protector (a_4); montar la carcasa después de colocar correctamente la cubierta (a_3) y la placa de vidrio (a_2) con el tornillo (a_1).

Luego del montaje desbloquear la cinta de torsión y verificar que el cuerpo del péndulo pueda oscilar libremente. Si a pesar del desbloqueo, ésta queda sobre los muelles de bloqueo, levantar levemente el soporte de la cinta de torsión (B) con el tornillo flojo (b_1) y luego fijarla de nuevo cuidadosamente.

Antes de ajustar el punto de equilibrio según la sección 3.5, el péndulo de torsión deberá "colgar" por lo menos durante 12 horas.

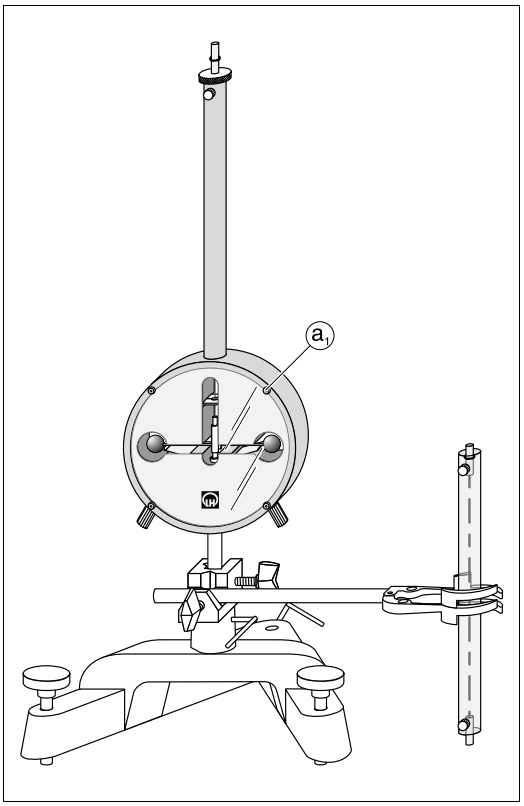


Fig. 8.1

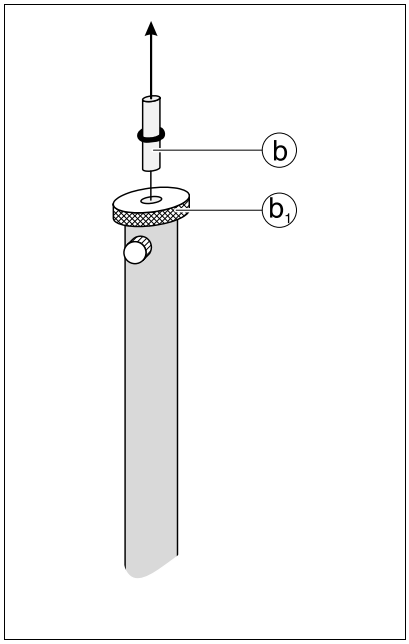


Fig. 8.3

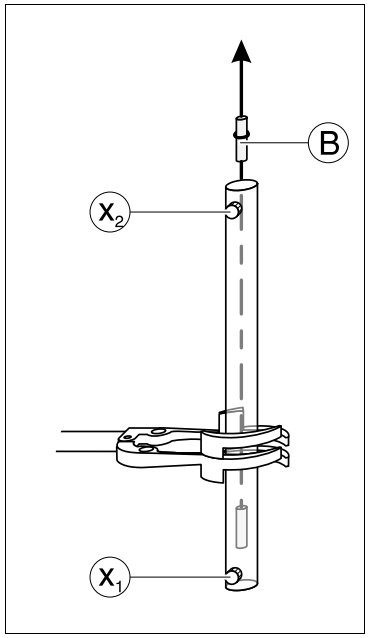


Fig. 8.5

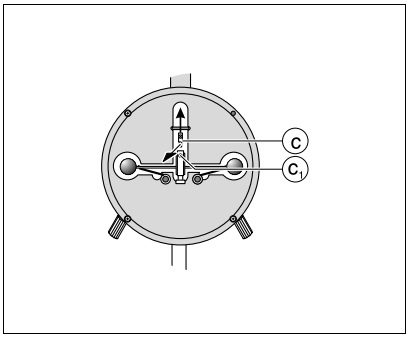


Fig. 8.4

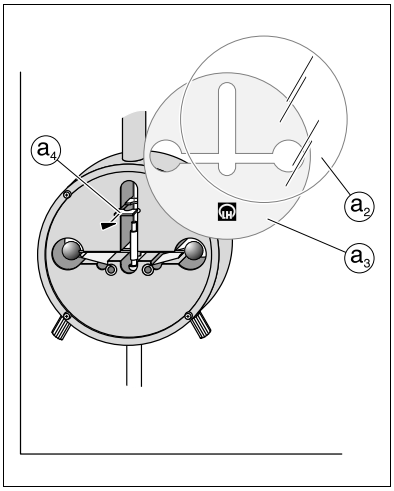


Fig. 8.2

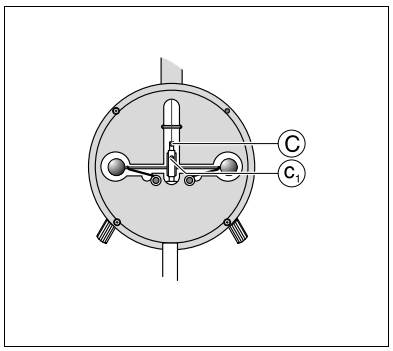


Fig. 8.7

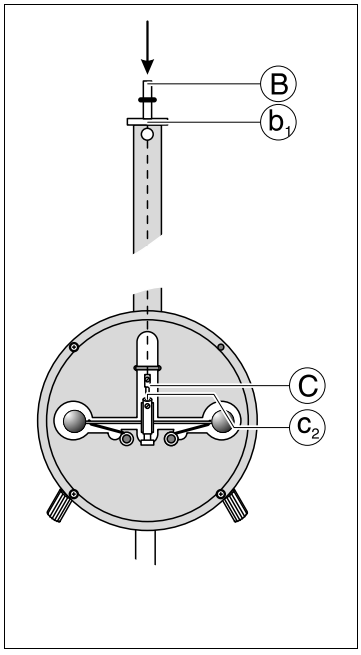


Fig. 8.6

© by Leybold Didactic GmbH,
Printed in the Federal Republic of Germany
Technical alterations reserved

6/95

Ergänzung zur Gebrauchsanweisung 332 101
Supplementary Instructions
Instructions supplémentaires concernant le mode d'emploi 332 101
Instrucciones suplementarias

Aus Gründen der Transportsicherheit ist das Schwingungssystem der Drehwaage heruntergelassen worden, um den empfindlichen Torsionsfaden zu schützen. Zur Inbetriebnahme der Waage ist zusätzlich zur Gebrauchsanweisung wie folgt zu verfahren:

Waage ohne die großen Bleikugeln zunächst lotrecht in einem Stativfuß aufstellen.

Die beiden Schrauben ⑦, Fig. 2 zur Arretierung des Pendelkörpers vollständig lösen, bis die Halteklammern entspannt sind.

Ohne die Rändelschraube ③ zu drehen, Madenschraube (3.2), Fig. 2 lösen.
Hierbei den Haltestift (b), Fig. 8.3 durch Festhalten vor dem Verdrehen sichern.

Vorsichtig den Haltestift (b), Fig. 8.3 herausziehen, dabei die Bewegung des hantelförmigen Pendelkörpers ⑤ beobachten (Fig. 2). Den Pendelkörper soweit anheben, bis sich die kleinen Bleikugeln in der Mitte der runden Fenster befinden. Ein Herausziehen des Haltestiftes bis der Pendelkörper anstößt, führt zum Reißen des Fadens.

Nach Möglichkeit den Haltestift nicht drehen, da sonst ein Nachjustieren des Nullpunktes erforderlich wird. (siehe Abschnitt 3.5 der Gebrauchsanweisung)

Madenschraube (3.2), Fig. 2 wieder anziehen.

Eventuell Nullpunkt-Justierung durchführen.

Alle weiteren Hinweise zur Aufstellung der Waage sind der Gebrauchsanweisung zu entnehmen.

To protect the sensitive torsion band during transport, the oscillation system of the gravitation torsion balance has been lowered. Before you can use the balance, you must first carry out the following steps, in addition to the instructions in the instruction sheet.

First, mount the balance without the large lead balls vertically in a stand base.

Completely unscrew the two locking screws ⑦ for the pendulum body (Fig. 2) until the clamps are loosened.

Loosen the grub screw (3.2), Fig. 2, without turning the knurled screw.
Hold onto the band holder (b), Fig. 8.3, so that it does not twist.

Carefully withdraw the band holder (b), Fig. 8.3, and observe the motion of the dumbbell-shaped pendulum body ⑤ (Fig. 2). Lift the pendulum body until the two small lead balls are in the middle of the round window. If the band holder is withdrawn so far that the pendulum body makes contact, the torsion band will break.

Try not to twist the band holder, as this requires readjustment of the zero point (see section 3.5 of the instruction sheet).

Retighten the grub screw (3.2), Fig. 2.

If necessary, readjust the zero point.

Refer to the instruction sheet for all other steps required to set up the torsion balance.

Pour des raisons de sécurité durant le transport, le système oscillant de la balance de gravitation a été abaissé afin de protéger le ruban de torsion assez fragile. Pour la mise en service de la balance de gravitation il faut non seulement respecter les instructions données dans le mode d'emploi, mais aussi procéder comme suit:

D'abord monter verticalement la balance dans un pied, sans les grandes sphères en plomb.

Ainsi que représenté sur la fig. 2, entièrement desserrer les deux vis ⑦ pour le blocage du corps du pendule jusqu'à ce que les pinces soient relâchées.

Sans tourner la vis moletée ③, desserrer la vis sans tête (3.2) (cf. fig. 2).

Avant de commencer à dévisser, tenir la tige de maintien (b) (cf. fig. 8.3).

Sortir avec précaution la tige de maintien (b), (cf. fig. 8.3) tout en observant le mouvement du corps du pendule ⑤ en forme d'haltère (Fig. 2). Soulever le corps du pendule jusqu'à ce que les petites sphères en plomb se trouvent au milieu de la fenêtre circulaire. Si on tire la tige de maintien jusqu'à ce que le corps du pendule bute, le ruban de torsion va rompre.

Essayer si possible de ne pas tourner la tige de maintien afin d'éviter d'avoir à réajuster le point zéro. (voir paragraphe 3.5 du mode d'emploi).

Resserrer la vis sans tête (3.2) (cf. fig. 2).

Eventuellement procéder à l'ajustage du zéro.

Pour de plus amples informations concernant la mise en place de la balance de gravitation, prière de se référer au mode d'emploi.

Para proteger la sensible cinta de torsión durante el transporte, el sistema de oscilación de la balanza de gravitación ha sido bajado. Además de tener en cuenta a las instrucciones de servicio y antes de utilizar la balanza por primera vez, proceda como se describe a continuación:

Primeramente, colocar la balanza verticalmente sobre una base de soporte sin las bolas grandes de plomo.

Aflojar completamente los dos tornillos ⑦ (Fig. 2), que sirven para bloquear el cuerpo del péndulo, hasta que el retén sea aflojado.

Aflojar el tornillo prisionero (3.2), Fig. 2, sin el tornillo moleteado ③.

Mantener fija el soporte de cinta (b), Fig. 8.3, para que no se tuerza.

Extraer cuidadosamente el soporte de cinta (b), Fig. 8.3, y observar el movimiento del cuerpo del péndulo ⑤ en forma de haltera (Fig. 2). Levantar el cuerpo del péndulo hasta que las pequeñas bolas de plomo se encuentren en la mitad de la ventana redonda. La cinta de torsión se rompe si se extrae el soporte de cinta hasta chocar el cuerpo del péndulo.

Tratar de no torcer el soporte de cinta porque de otro modo habrá que efectuar un reajuste del punto cero (véase la sección 3.5 de las instrucciones de servicio).

Apretar nuevamente el tornillo prisionero (3.2), Fig. 2.

Reajustar el punto cero si es necesario.

Refiérase a las instrucciones de servicio, allí se indican todos los pasos necesarios para la puesta a punto de la balanza.